



(51) Int. Cl.: **G02B 23/06,**
G02B 17/00

(52) EPO. Cl.: **G02B 17/06,**
G02B 23/06

(11) Patent Id: **DE 4426224 A1**
(43) Date: **11.04.1996**

(21) Applic id: **DE 4426224A**
(22) Filed: **23.07.1994**

(30) Priority: **DE 4426224A 23.07.1994**
Family: **DE 4426224 A1 11.04.1996**

(71) Applicant: **ZEISS CARL FA (DE)**
(72) Inventor: **SAND ROLF DR (DE)**

(54) Three-Inclined mirror type system for astronomical mirror telescope

(57)

The rotation of the first mirror so chosen that the second mirror lies outside of the impinging beam. After light reflection at the third mirror a seal object image is provided without the need for a real intermediate image. The second mirror is pref. fitted in the vicinity of the third mirror such that the ratio of spacings between the first to the second mirror exceeds 2 than that between the second to the third mirrors. The angle of the optical axes between the impinging beam, before and after the reflection at the primary mirror, is smaller than 80 deg.



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 44 26 224 A 1

⑥ Int. Cl.⁶:
G 02 B 23/06
G 02 B 17/00

⑳ Aktenzeichen: P 44 26 224.8
㉑ Anmeldetag: 23. 7. 94
㉒ Offenlegungstag: 11. 4. 98

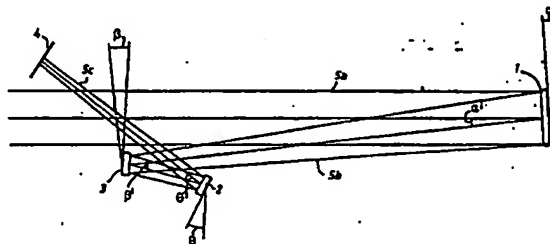
DE 44 26 224 A 1

㉑ Anmelder:
Fa. Carl Zeiss, 89518 Heidenheim, DE

㉒ Erfinder:
Sand, Rolf, Dr., 73447 Oberkochen, DE

⑤4 Spiegelsystem vom Typ Tri-Schiefspegler für ein astronomisches Spiegelteleskop

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Spiegelsystem vom Typ Tri-Schiefspegler für ein astronomisches Spiegelteleskop. Dabei wird der Drehbetrag des 1. Spiegels so gewählt, daß der 2. Spiegel außerhalb des einfallenden Bündels angeordnet ist. Nach der Reflexion des Lichts am 3. Spiegel entsteht ein reelles Bild des Gegenstandes, ohne daß es vorher ein reelles Zwischenbild gibt.
Erfindungsgemäß ist der 2. Spiegel vorzugsweise in der Nähe des 3. Spiegels angebracht, wobei das Verhältnis der Entfernungen zwischen dem 1. zum 2. Spiegel zur Entfernung des 2. zum 3. Spiegel mindestens größer als 2 ist. Des weiteren ist der Winkel der optischen Achsen zwischen dem Einfallstrahlenbündel vor und nach der Reflexion am Primärspiegel kleiner als 80° .



DE 44 26 224 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Spiegelsystem nach dem Oberbegriff des 1. Patentanspruchs.

Ein derartiges Spiegelsystem ist bereits bekannt. So wurden abschattungsfreie Tri-Schiefspiegler mit gekippten optischen Flächen von R. A. Buchroeder (R. A. Buchroeder, A New Three-Mirror Off-Axis Amateur Telescope, Sky & Telescope 38, 418 (12/1969)) und A. Kutter (A. Kutter, More About the Tri-Schiefspiegler, Sky & Telescope 49, 115 (2/1975)) angegeben. Die Tri-Schiefspiegler von R. A. Buchroeder und A. Kutter bestehen aus zwei rotationssymmetrischen sphärischen Flächen und einer rotationssymmetrischen asphärischen Fläche. Alle 3 optischen Flächen sind gekippte Flächen.

Die Nachteile der angegebenen Lösungen für die Tri-Schiefspiegler liegen insbesondere in der sehr mäßigen Abbildungsqualität. Eine beugungsbegrenzte Abbildung ist mit diesem System nicht möglich. Ein spezieller Nachteil der Lösung von R. A. Buchroeder ist das große Öffnungsverhältnis von 1 : 20.1. Außerdem ist der Radius des 3. Spiegels mit 53 Meter nicht einfach herzustellen.

Aus der DE 39 43 258 C ist ein silhouettierungsfreies Spiegelsystem für astronomische Teleskope vom Typ Schiefspiegler bekannt (Fig. 2, 3 und 7).

Außerdem ist aus der EP 0 019 447 C ein anastigmatisches optisches System aus drei Spiegeln bekannt (Fig. 1 und 3).

Auch aus der US-PS 4 632 521 ist für Teleskope ein anastigmatischer Kompaktkollimator bekannt (Fig. 1).

Aus der US-PS 5 153 772 ist ein binäres optisch-korrigiertes Mehrstufenbilderzeugungssystem bekannt, welches auch drei Spiegel besitzt (Fig. 5, 7 und 8).

Es ist die Aufgabe der Erfindung ein Schiefspiegler-Teleskop zu erhalten, welches aus nur wenigen optischen Elementen aufgebaut ist und welches sich gegenüber dem Stand der Technik durch eine erheblich verbesserte optische Qualität auszeichnet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch den kennzeichnenden Teil des ersten Patentanspruchs gelöst.

Der erfindungsgemäße Tri-Schiefspiegler besitzt wie aus dem Stand der Technik bekannt einen Primär-, Sekundär- und einen Tertiärspiegel, wobei die Entfernung zwischen den Spiegeln aber zum bekannten Stand der Technik unterschiedlich sind. Die Entfernung des Primärspiegels zum Sekundärspiegel ist erfindungsgemäß mindestens doppelt so groß wie die Entfernung zwischen dem Sekundärspiegel zum Tertiärspiegel.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren näher beschrieben und erläutert, wobei weitere erfindungsgemäße Merkmale im Zusammenhang beschrieben sind.

Dabei zeigt:

Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau des erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers mit der Strahlenführung;

Fig. 1a die Diffraktions-MTF einer ersten Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 1b die Defokussierung einer ersten Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 1c den RMS-Wellenfrontfehler im Bezug auf den Feldwinkel in der Objektebene einer ersten Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 2a die Diffraktions-MTF Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 2b die Defokussierung einer zweiten Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 2c den RMS-Wellenfrontfehler im Bezug auf den Feldwinkel in der Objektebene einer zweiten Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 3a die Diffraktions-MTF einer dritten Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 3b die Defokussierung einer dritten Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 3c den RMS-Wellenfrontfehler im Bezug auf den Feldwinkel in der Objektebene einer dritten Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 4a die Diffraktions-MTF-Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 4b die Defokussierung einer vierten Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 4c den RMS-Wellenfrontfehler im Bezug auf den Feldwinkel in der Objektebene einer vierten Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 5a die Diffraktions-MTF einer fünften Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 5b die Defokussierung einer fünften Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 5c den RMS-Wellenfrontfehler im Bezug auf den Feldwinkel in der Objektebene einer fünften Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 6a die Diffraktions-MTF einer sechsten Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 6b die Defokussierung einer sechsten Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers nach Fig. 1;

Fig. 6c den RMS-Wellenfrontfehler im Bezug auf den Feldwinkel in der Objektebene einer sechsten Version eines erfindungsgemäßen Tri-Schiefspiegler nach Fig. 1.

Die im folgenden beschriebenen Tri-Schiefspiegler haben alle im wesentlichen den gleichen Aufbau wie in Fig. 1 dargestellt. Lediglich die optischen Daten, Winkel und Abstände sind teilweise unterschiedlich bei den beschriebenen sechs Versionen.

Die Daten der sechs unterschiedlichen Versionen können der nun folgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle

Daten	1.Spiegel	2.Spiegel	3.Spiegel		
Radius R in mm	-4450,69	+3109,82	-5211,85	Ver.1	5
Winkel α , β , θ	-3,3°	+11°	+11,13°		
Exzentrizität ϵ	-2,26	- 82,85	-409,66	Fig.	
Abstand d_{12} in mm	1515,13			1a-c	10
Abstand d_{23} in mm		269,97			
d_{12}/d_{23}		5,61			
Abstand d_{3Bild} in mm			742		
Radius R in mm	-4450,69	+3109,82	-5211,85	Ver.2	15
Winkel α , β , θ	-3,3°	+11°	+11,13°		
Exzentrizität ϵ	-1,50	-23,06	0	Fig.	
Abstand d_{12} in mm	1515,13			2a-c	20
Abstand d_{23} in mm		269,97			
d_{12}/d_{23}		5,61			
Abstand d_{3Bild} in mm			742		
Radius R in mm	-4450,69	+3109,82	-5211,85	Ver.3	25
Winkel α , β , θ	-3,3°	+11°	+11,13°		
Exzentrizität ϵ	-0,76	0	0	Fig.	
Abstand d_{12} in mm	1515,13			3a-c	30
Abstand d_{23} in mm		269,97			
d_{12}/d_{23}		5,61			
Abstand d_{3Bild} in mm			742		
Radius R in mm	-4450,69	+3109,82	-5211,85	Ver.4	35
Winkel α , β , θ	-3,3°	+11°	+11,13°		
Exzentrizität ϵ	0	0	0	Fig.	
Abstand d_{12} in mm	1515,13			4a-c	40
Abstand d_{23} in mm		269,97			
Abstand d_{3Bild} in mm			742		
Radius R in mm	-3663,87	+2866,21	-4635,28	F/N=	45
Winkel α , β , θ	-3,97°	+11,17°	+9,50°	12.0	
Exzentrizität ϵ	-2,52	-73,81	-292,32	Fig.	
Abstand d_{12} in mm	1145,83			5a-c	
Abstand d_{23} in mm		240,00			
d_{12}/d_{23}		4,77			
Abstand d_{3Bild} in mm			734,96		
Radius R in mm	-3251,92	+3201,07	4516,37	F/N=	50
Winkel α , β , θ	-5,08°	+13,37°	+9,55°	10.0	
Exzentrizität ϵ	-2,76	-86,55	-206,08	Fig.	
Abstand d_{12} in mm	927,25			6a-c	55
Abstand d_{23} in mm		240,00			
d_{12}/d_{23}		3,86			
Abstand d_{3Bild} in mm			693,1		

In den Fig. 1a—6a ist für die einzelnen Versionen jeweils die Diffraktions-Übertragungsfunktion für die Wellenlänge 550 nm für verschiedene Winkel dargestellt, wobei auf der senkrechten Koordinate die Modulation und auf der horizontalen Koordinate die Frequenz eingetragen ist.

In den Fig. 1b—6b ist zusätzlich für die einzelnen Versionen jeweils die Spotdiagramme (horizontale Koordinate) für verschiedene Feldpositionen (vertikale Koordinate) aufgetragen, wobei in den jeweiligen Figuren rechts unten der Maßstab dargestellt ist.

In den Fig. 1c—6c ist des weiteren für die einzelnen Versionen jeweils der RMS-Wellenfrontfehler in bezug auf den Feldwinkel im Objektraum dargestellt und der entsprechende Maßstab rechts unten angegeben. Die

horizontale Koordinate gibt dabei den X-Wert, die vertikale Koordinate den Y-Wert des Feldwinkels im Objektraum, jeweils in Grad, wieder.

Wie aus der Tabelle ersichtlich, unterscheiden sich in den ersten vier Versionen nicht die Radien (R) der Spiegel, deren Neigungswinkel und deren Abstände (d). Der einzige Unterschied bei diesen vier Tri-Schiefspiegeln besteht darin, daß in der ersten Version alle Spiegel eine Exzentrizität E besitzen, in der zweiten Version nur zwei Spiegel und in der dritten Version nur ein Spiegel, während in der vierten Version kein Spiegel eine Exzentrizität besitzt.

Somit unterscheiden sich die ersten vier Versionen lediglich in der Anzahl der asphärischen bzw. sphärischen Flächen und in der Form der Asphären selbst. Die Kippung der Flächen und die Abstände der Flächen zueinander ist in diesen ersten vier Versionen gleich. Der Übergang zwischen den verschiedenen Versionen ergibt sich ganz einfach nur durch einen Austausch der asphärischen Flächen durch sphärische Flächen (bzw. umgekehrt) ohne sonstige konstruktive Änderungen des Systems. Hat man also einen Tri-Schiefspiegler nach der 4. Version, so erhält man einen Tri-Schiefspiegler nach der 3. Version durch den Austausch nur eines Spiegels (1. Spiegel). Durch den Austausch des ersten und des zweiten Spiegels erhält man aus der dritten Version die zweite Version. Um von der zweiten Version zur ersten Version zu gelangen, braucht man lediglich alle drei Spiegel austauschen.

Der in Fig. 1 dargestellte erfindungsgemäße Tri-Schiefspiegler, welcher im wesentlichen bei den im folgenden dargestellten sechs Versionen den annähernd gleichen Aufbau besitzt, ist bedingt durch die Kippungen der Spiegel M_1 (1), M_2 (2) und M_3 (3) abschattungsfrei. Die Drehung für den Spiegel M_1 (1) und für die Spiegel M_2 (2) und M_3 (3) erfolgt dabei in entgegengesetzter Richtung. Die Kippungen für die Spiegel M_2 (2) und M_3 (3) haben zumindest bei den ersten vier Versionen nicht nur das gleiche Vorzeichen, sondern sind auch im Betrag mit $11,0^\circ$ bzw. $11,13^\circ$ fast gleich. Damit ergibt sich ein Winkel α' von kleiner als 10° und ein Winkel β' bzw. θ' von kleiner als 25° für die ersten vier Versionen des erfindungsgemäßen Tri-Schiefspieglers.

Das Spiegelsystem aus Fig. 1 weist kein reelles Zwischenbild auf. Bei den Spiegeln M_1 (1) und M_3 (3) handelt es sich um konkave Spiegel, während der Spiegel M_2 (2) konvex ist.

Die Spiegel M_2 (2) und M_3 (3) sind sehr kompakt angeordnet. Der Abstand zwischen M_1 (1) und M_2 (2) ist bei den Varianten 1—4 etwa 6,5mal größer als der Abstand zwischen M_2 (2) und M_3 (3).

Die Bildfeldneigung beträgt für die Varianten 1—4 ca. $10,6^\circ$. Dabei entspricht die anamorphatische Verzeichnung für $\delta = 0^\circ$ rund 0,3% und beträgt für $\delta = 10,6^\circ$ rund 2,2%. Bei den ersten vier Varianten beziehen sich die nachfolgenden Ergebnisse auf ein Öffnungsverhältnis von 1 : 14,65 bei einer Brennweite von 2930 und einem Aperturdurchmesser von 200 mm.

Bei dem System nach der ersten Version sind drei rotationssymmetrische asphärische Flächen vorhanden. Es handelt sich um Kegelschnittflächen ohne Deformationen höherer Ordnung. Alle drei Flächen sind Hyperboloide. Die konischen Konstanten betragen $K_1 = 2,262$, $K_2 = -82,819$ und $K_3 = 409,659$. Die asphärische Abtragung für den Spiegel M_1 (1) ist kleiner als 0,1 μm , für den Spiegel M_2 (2) kleiner als 0,3 μm und für den Spiegel M_3 kleiner als 0,2 μm . Die Abbildung dieses Systems ist beugungsbegrenzt für ein Sehfeld von $\pm 0,35^\circ$ (siehe Fig. 1a—c). Die exzellente Abbildungsgüte zeigen die Ergebnisse für die MTF oder auch die berechneten Spotdiagramme. Der Wellenfrontfehler ist kleiner als $\lambda/100$ RMS für das gesamte Sehfeld. Der begrenzende Bildfehler für den Bildrand ist Astigmatismus und 3-Welligkeit.

Bei der zweiten Version sind die Spiegel M_1 (1) und M_2 (2) ausgetauscht und unterscheiden sich zur ersten Version in der konischen Konstante: $K_1 = -1,505$ und $K_2 = 23,063157$. Der Spiegel M_3 (3) ist ein sphärischer Spiegel mit demselben Scheitelradius wie bei der 1. Version. Der Einsatz dieser sphärischen Fläche vergrößert den Astigmatismus am Feldrand. Die sehr gute Abbildungsleistung ist in Fig. 2a—c dargestellt. Zum Beispiel ist der Wellenfrontfehler für ein Sehfeld von $\pm 0,25^\circ$ kleiner als $\lambda/25$ RMS.

Bei der dritten Version sind die Spiegel M_2 (2) und M_3 (3) sphärisch. Der Spiegel M_1 (1) ist asphärisch mit einer konischen Konstante $K = 0,7581$. Die Abbildungsleistung der 3. Version fällt gegenüber Version nur leicht ab (Fig. 9—12). Der begrenzende Bildfehler ist hier bei dieser Version allerdings Koma.

Bei der vierten Version sind alle 3 optischen Flächen sphärische Flächen. Der Wellenfrontfehler ist besser als $\lambda/20$ RMS für ein Sehfeld $\pm 0,2^\circ$. Der begrenzende Bildfehler ist wie in der 3. Version Koma. Die Abbildungsleistung ist in Fig. 4a—c dargestellt.

Der in dieser Erfindung angegebene Tri-Schiefspiegler läßt sich modifizieren um ein Öffnungsverhältnis von 1 : 12 und 1 : 10 zu realisieren. Bisher gibt es keine in der Literatur angegebenen Tri-Schiefspiegler mit einer F-Zahl größer als 14,5.

Einem Tri-Schiefspiegler mit einer F-Zahl von 12 als fünfte Version erhält man, wenn man einen Tri-Schiefspiegler nach der ersten Version nimmt und die F-Zahl von 14,6 auf 12 skaliert, wobei sich eine Vignettierung des Strahlenganges ergibt. Diese Abschattung wird durch eine Modifizierung der Brechkraftverteilung und der Abstände der Spiegel (1, 2, 3) vermieden. Außerdem werden die Kippwinkel der Spiegel (1, 2, 3) verändert. Daraus ergibt sich ein Winkel α' von kleiner als 10° , ein Winkel β' von kleiner als 25° und ein Winkel θ' von kleiner als 20° . Die Spiegel M_1 (1), M_2 (2) und M_3 (3) sind rotationssymmetrische Asphären mit den konischen Konstanten $K = -2,524$, $K = -73,8$ und $K = -297,317$.

Die Bildfeldneigung δ beträgt $\delta = 9,77^\circ$. Die anamorphotische Verzeichnung beträgt für $\delta = 0^\circ$ 0,5% und für $\delta = 9,77^\circ$ 2,1%. Die Abbildungsleistung Fig. 5a—c ist mit einem maximalen Wellenfrontfehler von $\lambda/25$ RMS für ein Sehfeld von $\pm 0,25^\circ$ ausgezeichnet. Der Abstand zwischen dem ersten Spiegel M_1 zum zweiten Spiegel M_2 ist ungefähr 5,6mal größer als der Abstand des zweiten Spiegels M_2 zum dritten Spiegel M_3 .

Führt man eine entsprechende Änderung bei einer F-Zahl von 10 durch, so erhält man einen Tri-Schiefspiegler gemäß der sechsten Version. Wenngleich hier die Abbildungsgüte im Vergleich zu den bisherigen Versionen deutlich reduziert ist, läßt sich immerhin dennoch ein Spotdurchmesser von 2,5 arc sec und besser für ein Sehfeld von $\pm 0,25^\circ$ erzielen (Fig. 6a—c). Der Winkel α' ist dabei kleiner als 15° , der Winkel β' ist kleiner als 30° und der

Winkel θ ist kleiner als 20° . Der Abstand zwischen dem ersten Spiegel M_1 zum zweiten Spiegel M_2 ist ungefähr 3,8mal größer als der Abstand des zweiten Spiegels M_2 zum dritten Spiegel M_3 .

Allgemein läßt sich sagen, daß die erfindungsgemäßen Tri-Schiefspiegler sich gegenüber dem bekannten Stand der Technik durch weitaus bessere Abbildungseigenschaften und durch eine beugungsbegrenzte Abbildung auszeichnen.

5

Tabelle

Daten	1.Spiegel	2.Spiegel	3.Spiegel		
Radius R in mm	-4450,69	+3109,82	-5211,85	Ver.1	10
Winkel α, β, θ	-3,3°	+11°	+11,13°		
Exzentrizität ϵ	-2,26	-82,85	-409,66	Fig.	15
Abstand d_{12} in mm	1515,13			1a-c	
Abstand d_{23} in mm		269,97			
d_{12}/d_{23}		5,61			
Abstand d_{3Bild} in mm			742		20
Radius R in mm	-4450,69	+3109,82	-5211,85	Ver.2	
Winkel α, β, θ	-3,3°	+11°	+11,13°		
Exzentrizität ϵ	-1,50	-23,06	0	Fig.	25
Abstand d_{12} in mm	1515,13			2a-c	
Abstand d_{23} in mm		269,97			
d_{12}/d_{23}		5,61			
Abstand d_{3Bild} in mm			742		
Radius R in mm	-4450,69	+3109,82	-5211,85	Ver.3	30
Winkel α, β, θ	-3,3°	+11°	+11,13°		
Exzentrizität ϵ	-0,76	0	0	Fig.	35
Abstand d_{12} in mm	1515,13			3a-c	
Abstand d_{23} in mm		269,97			
d_{12}/d_{23}		5,61			
Abstand d_{3Bild} in mm			742		
Radius R in mm	-4450,69	+3109,82	-5211,85	Ver.4	40
Winkel α, β, θ	-3,3°	+11°	+11,13°		
Exzentrizität ϵ	0	0	0	Fig.	45
Abstand d_{12} in mm	1515,13			4a-c	
Abstand d_{23} in mm		269,97			
Abstand d_{3Bild} in mm			742		
Radius R in mm	-3663,87	+2866,21	-4635,28	F/N=	
Winkel α, β, θ	-3,97°	+11,17°	+9,50°	12.0	
Exzentrizität ϵ	-2,52	-73,81	-292,32	Fig.	50
Abstand d_{12} in mm	1145,83			5a-c	
Abstand d_{23} in mm		240,00			
d_{12}/d_{23}		4,77			
Abstand d_{3Bild} in mm			734,96		55
Radius R in mm	-3251,92	+3201,07	4516,37	F/N=	
Winkel α, β, θ	-5,08°	+13,37°	+9,55°	10.0	
Exzentrizität ϵ	-2,76	-86,55	-206,08	Fig.	60
Abstand d_{12} in mm	927,25			6a-c	
Abstand d_{23} in mm		240,00			
d_{12}/d_{23}		3,86			
Abstand d_{3Bild} in mm			693,1		65

Patentansprüche

1. Spiegelsystem vom Typ Tri-Schiefspiegler für ein astronomisches Spiegelteleskop, bei welchem der Drehbetrag des 1. Spiegels so gewählt wird, daß der 2. Spiegel außerhalb des einfallenden Bündels angeordnet ist, bei welchem nach der Reflexion des Lichts am 3. Spiegel ein reelles Bild des Gegenstandes entsteht, ohne daß es vorher ein reelles Zwischenbild gibt, dadurch gekennzeichnet, daß der 2. Spiegel vorzugsweise in der Nähe des 3. Spiegels angebracht ist, wobei das Verhältnis der Entfernungen zwischen dem 1. zum 2. Spiegel zur Entfernung des 2. zum 3. Spiegel mindestens größer als 2 ist, und daß der Winkel der optischen Achsen zwischen dem Einfallsstrahlenbündel vor und nach der Reflexion am Primärspiegel kleiner ist als 80° .
2. Spiegelsystem vom Typ Tri-Schiefspiegler für ein astronomisches Spiegelteleskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der Entfernungen zwischen dem 1. zum 2. Spiegel zur Entfernung des 2. zum 3. Spiegel mindestens größer als 3, vorzugsweise 4 ist.
3. Spiegelsystem vom Typ Tri-Schiefspiegler für ein astronomisches Spiegelteleskop nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der Entfernungen zwischen dem 1. zum 2. Spiegel zur Entfernung des 2. zum 3. Spiegel mindestens größer als 5 ist.
4. Spiegelsystem vom Typ Tri-Schiefspiegler für ein astronomisches Spiegelteleskop nach einem der Ansprüche 1—3, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächengeometrie des Primärspiegels und des Tertiärspiegels konkave ist, während die Oberflächengeometrie des Sekundärspiegels konvex ist.
5. Spiegelsystem vom Typ Tri-Schiefspiegler für ein astronomisches Spiegelteleskop nach einem der Ansprüche 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß das Spiegelsystem kein reelles Zwischenbild aufweist.
6. Spiegelsystem vom Typ Tri-Schiefspiegler für ein astronomisches Spiegelteleskop nach einem der Ansprüche 1—5, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehung des Primärspiegels der Drehungsrichtung des Sekundär- und Tertiärwinkels entgegengesetzt ist.
7. Spiegelsystem vom Typ Tri-Schiefspiegler für ein astronomisches Spiegelteleskop nach einem der Ansprüche 1—6, dadurch gekennzeichnet, daß der Unterschied des Betrages der Drehung des Sekundär- und des Tertiärspiegels kleiner als 1° beträgt.
8. Spiegelsystem vom Typ Tri-Schiefspiegler für ein astronomisches Spiegelteleskop nach einem der Ansprüche 1—7, dadurch gekennzeichnet, daß das Öffnungsverhältnis mindestens $1 : 10$ ist.
9. Spiegelsystem vom Typ Tri-Schiefspiegler für ein astronomisches Spiegelteleskop nach einem der Ansprüche 1—8, dadurch gekennzeichnet, daß das Öffnungsverhältnis größer als $1 : 14$ ist.
10. Spiegelsystem vom Typ Tri-Schiefspiegler für ein astronomisches Spiegelteleskop nach einem der Ansprüche 1—9, dadurch gekennzeichnet, daß seine optischen Daten einer Version aus der nachfolgenden Tabelle entnehmbar sind.

Hierzu 19 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

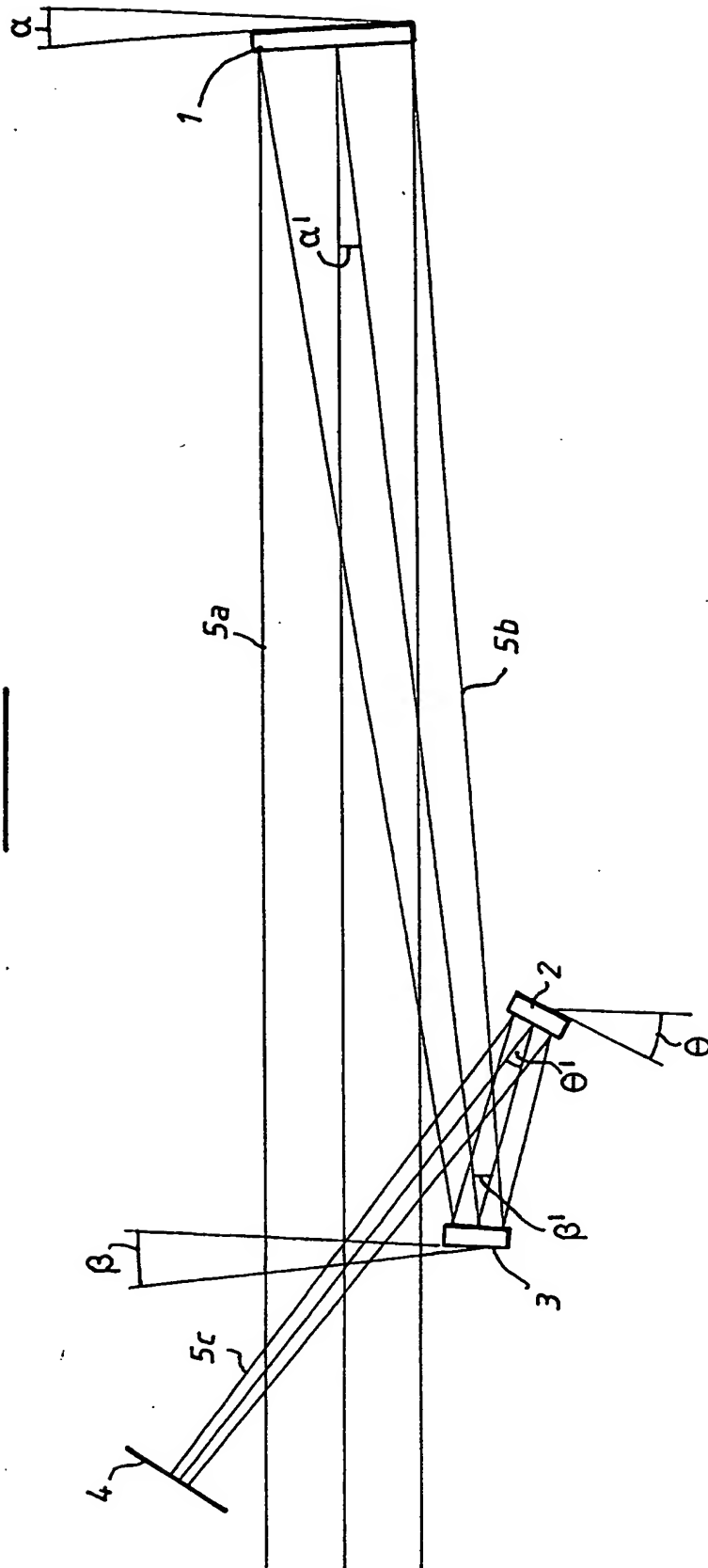


FIG. 1a

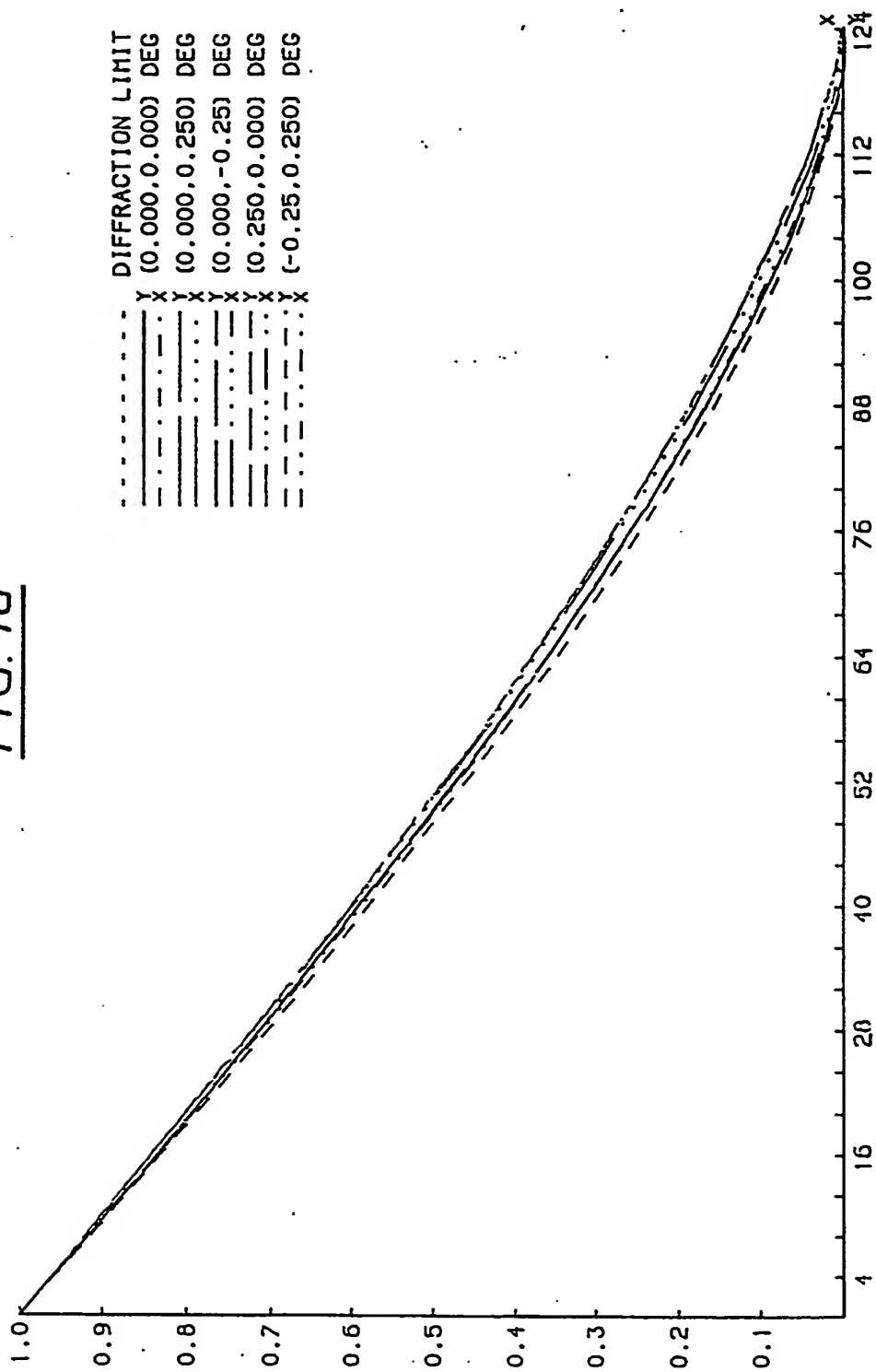


FIG. 1b

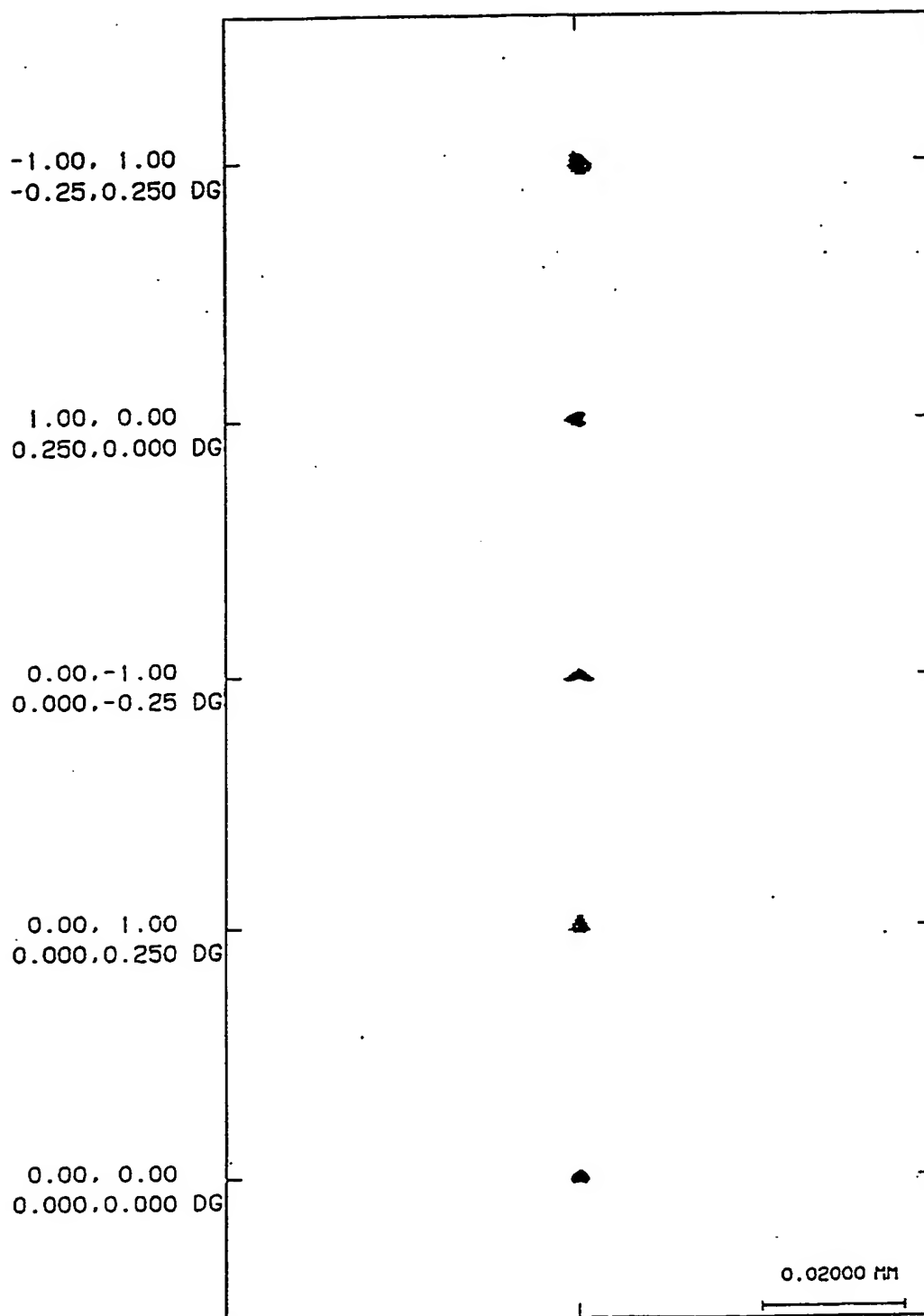


FIG. 1c

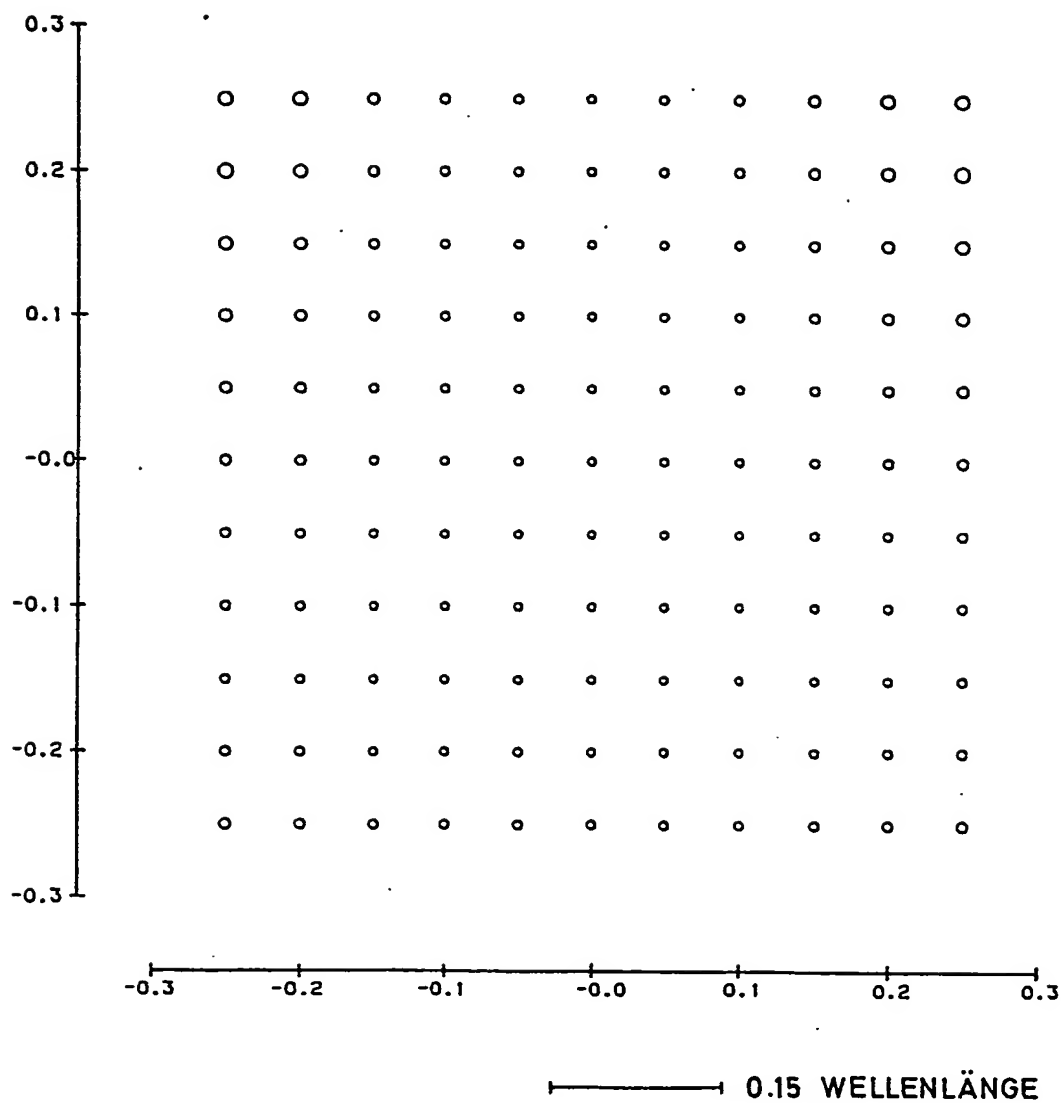


FIG. 2a

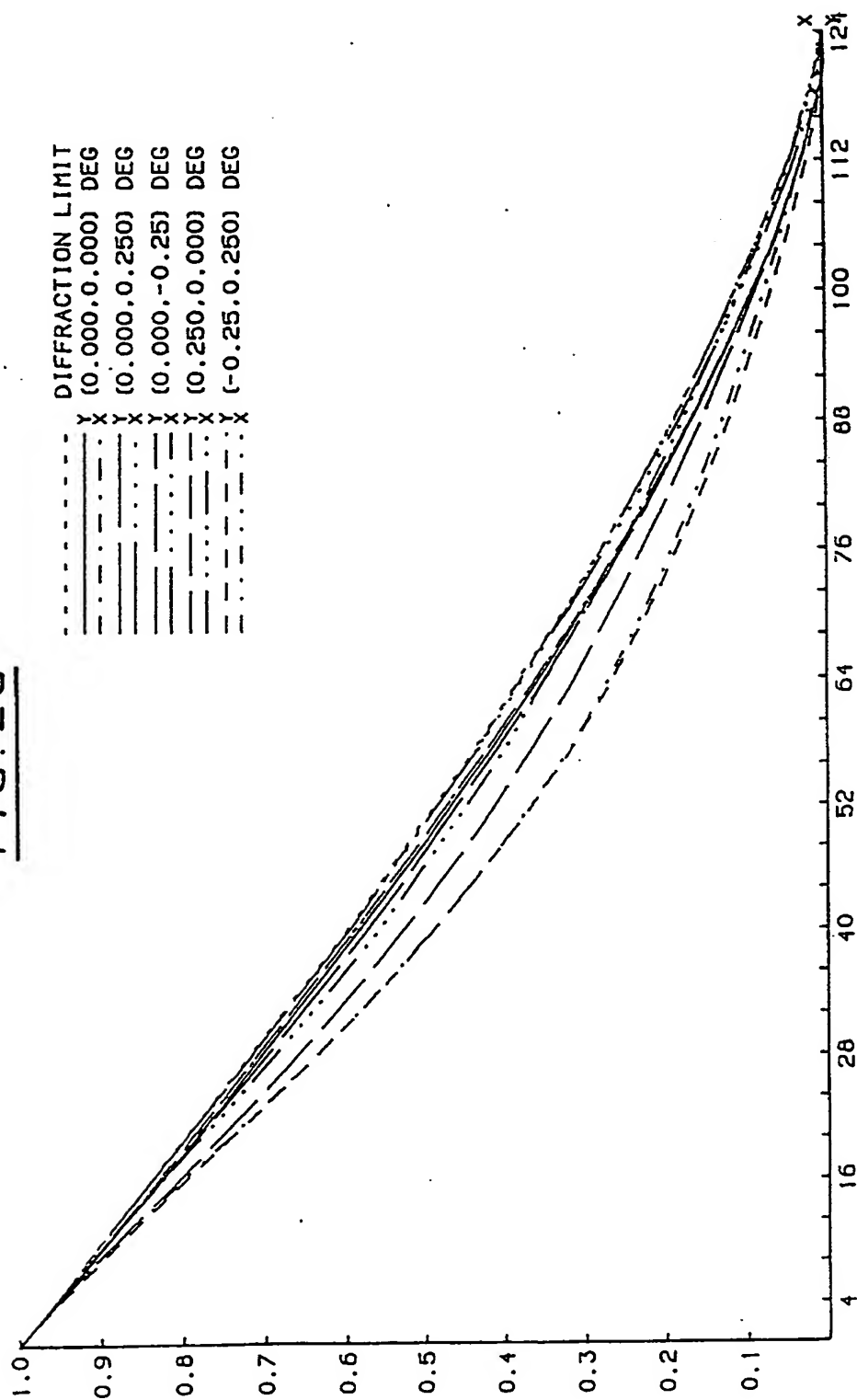


FIG. 2b

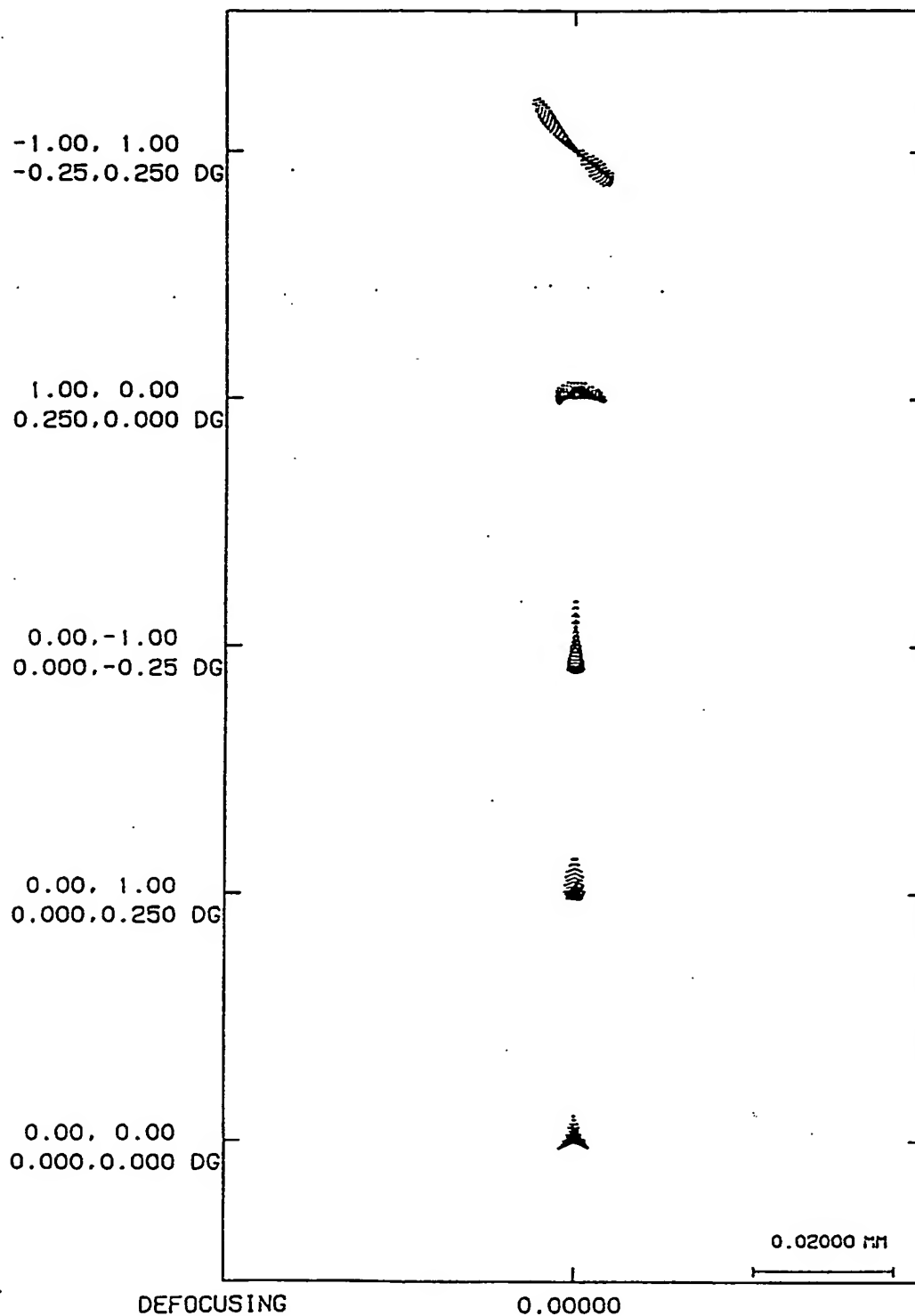


FIG. 2c

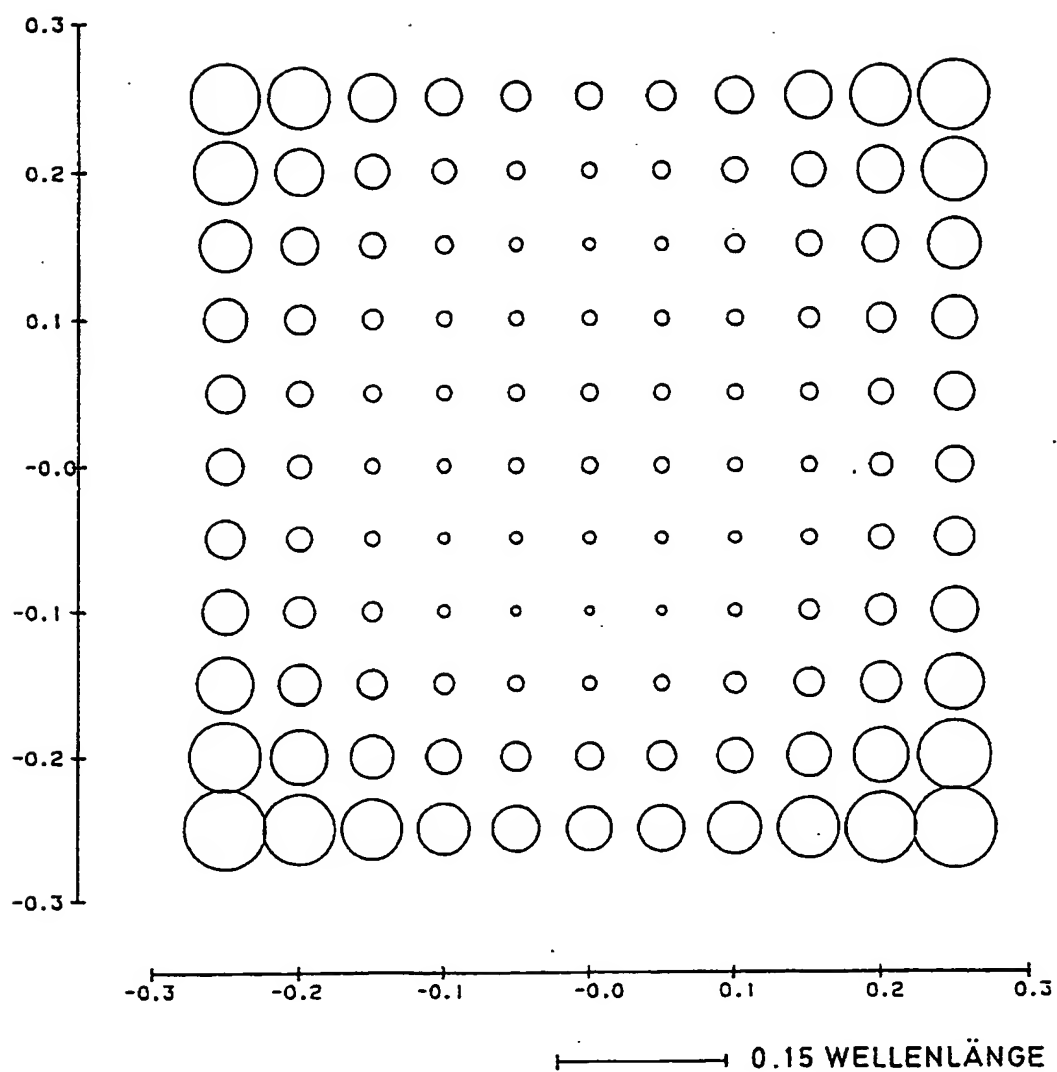


FIG. 3a

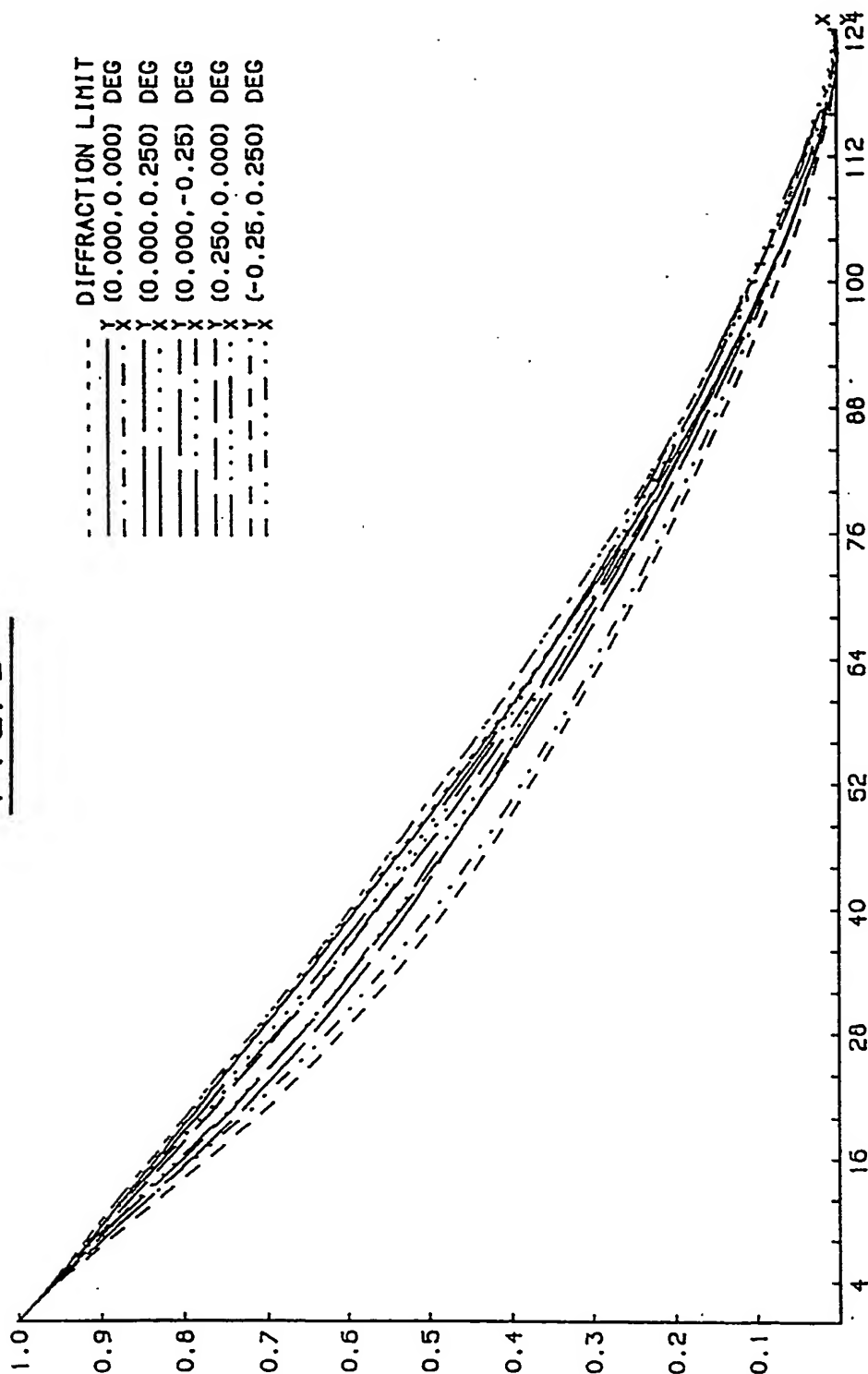


FIG. 3b

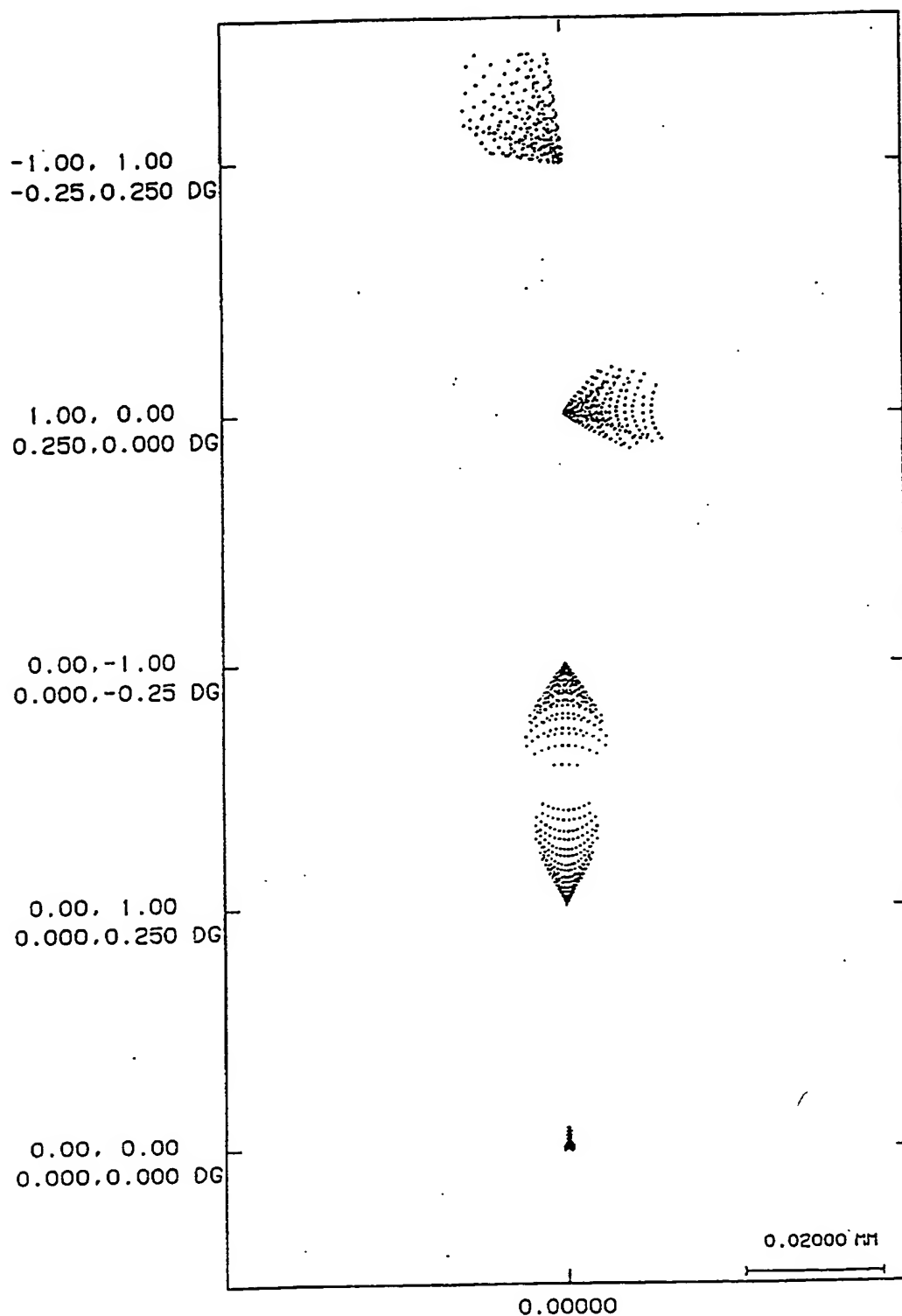


FIG. 3c

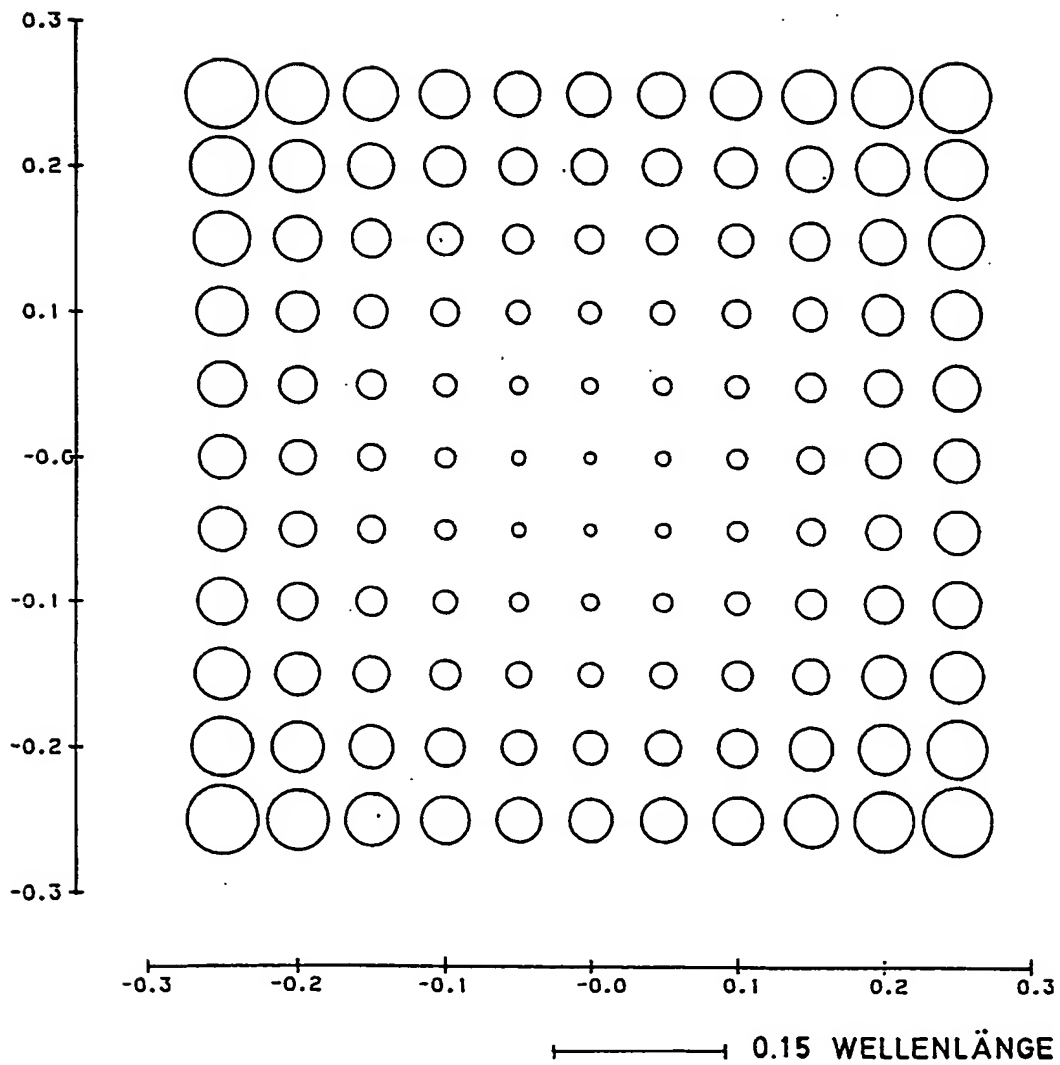


FIG. 4a

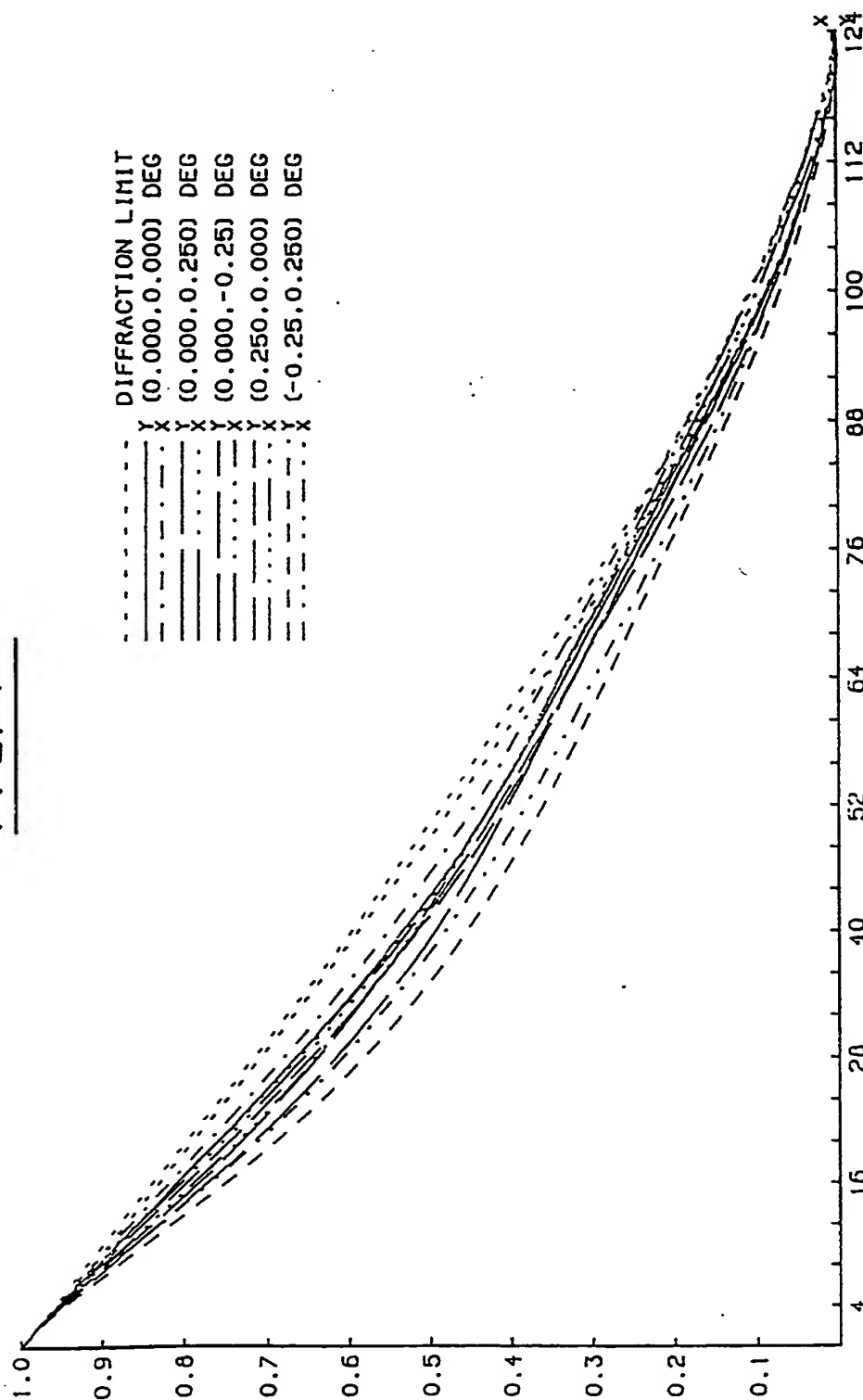


FIG. 4b

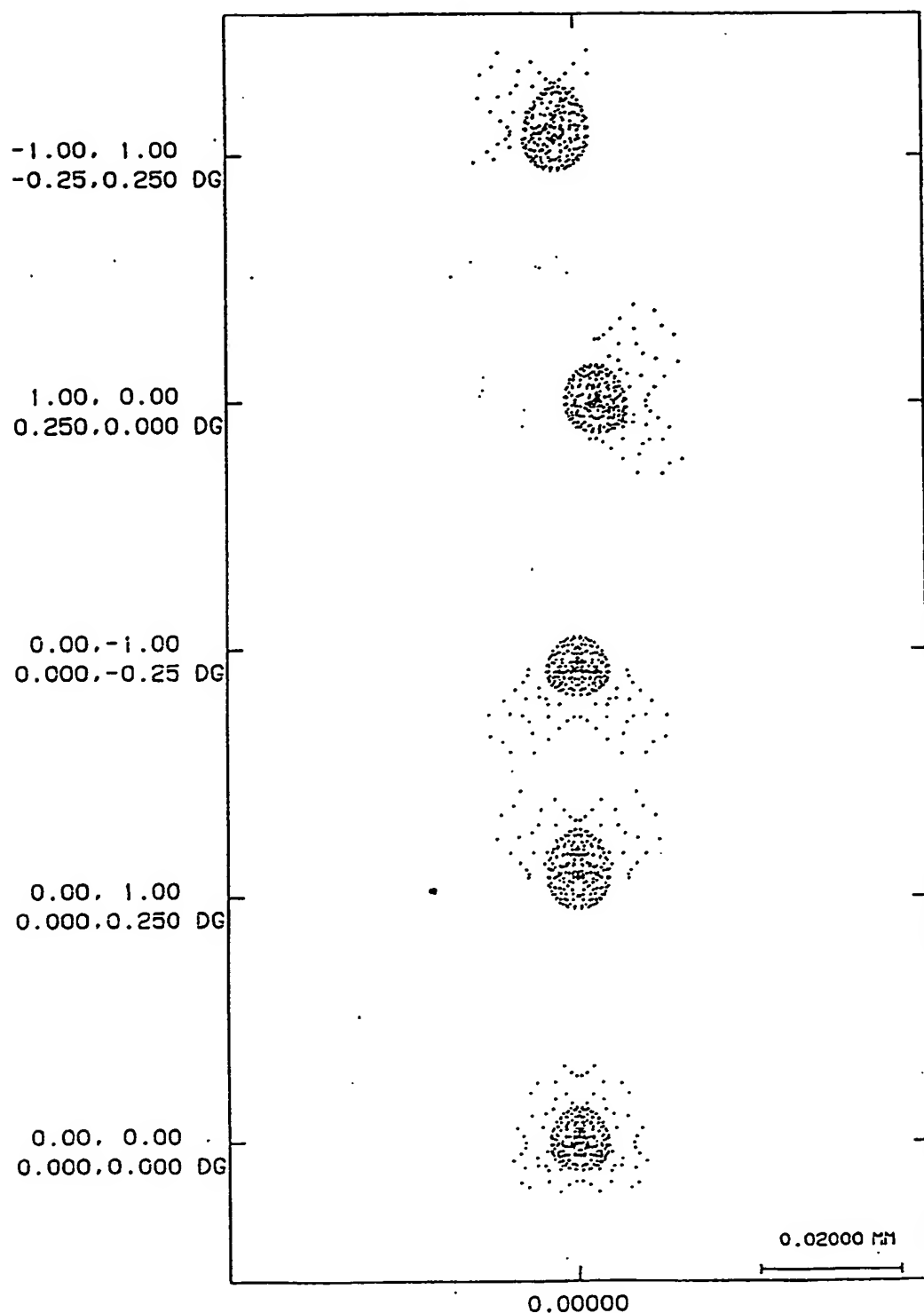


FIG. 4c

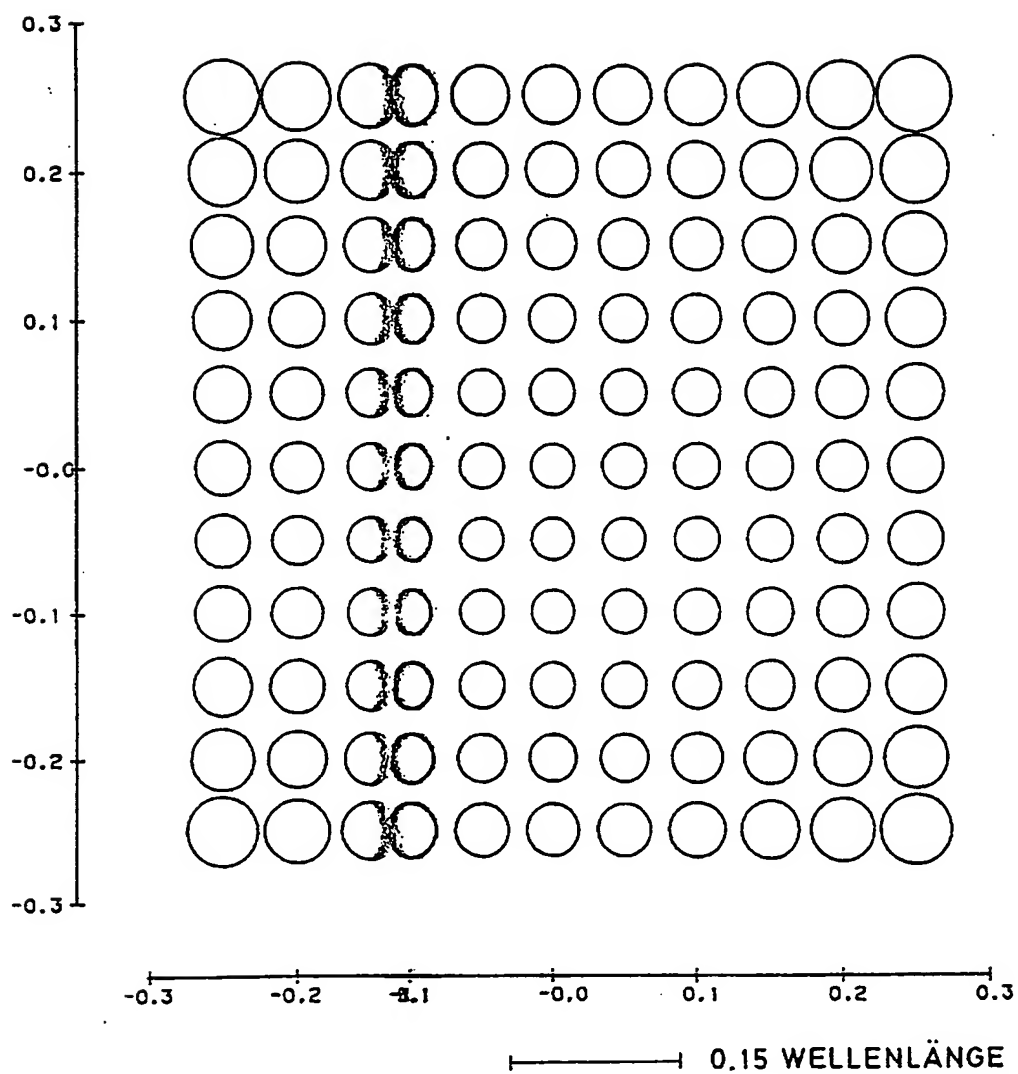


FIG. 5a

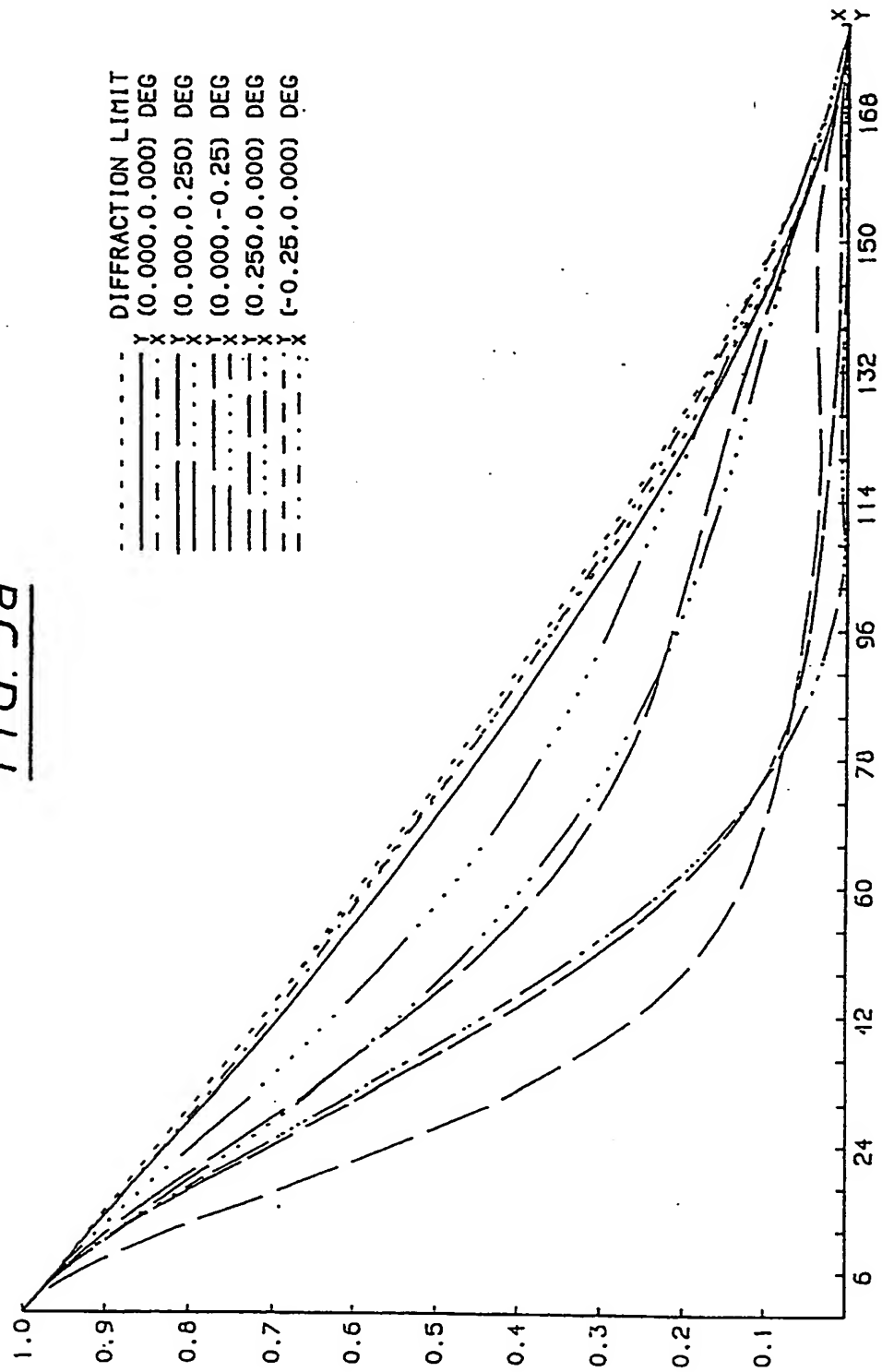


FIG. 5b

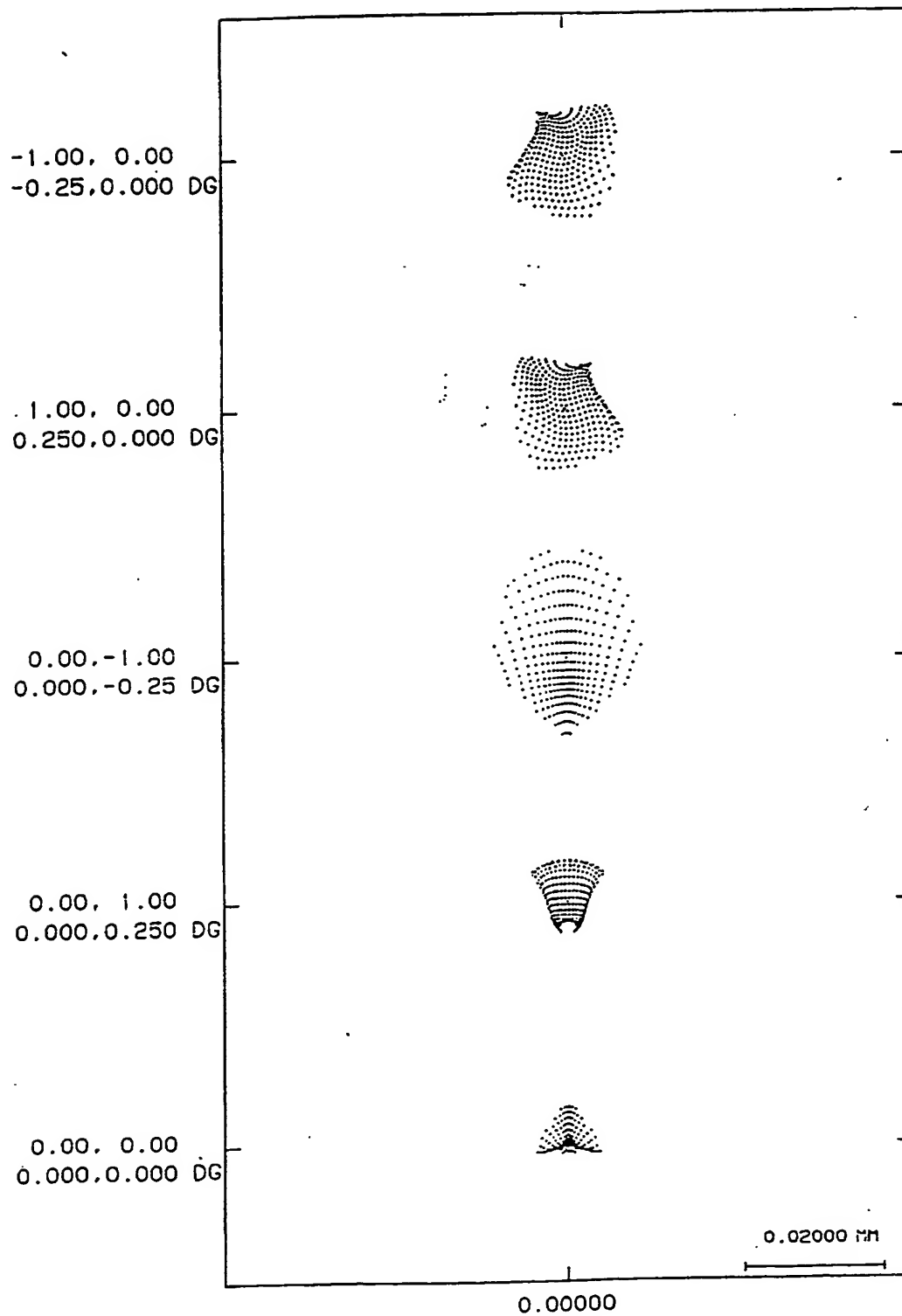


FIG. 5c

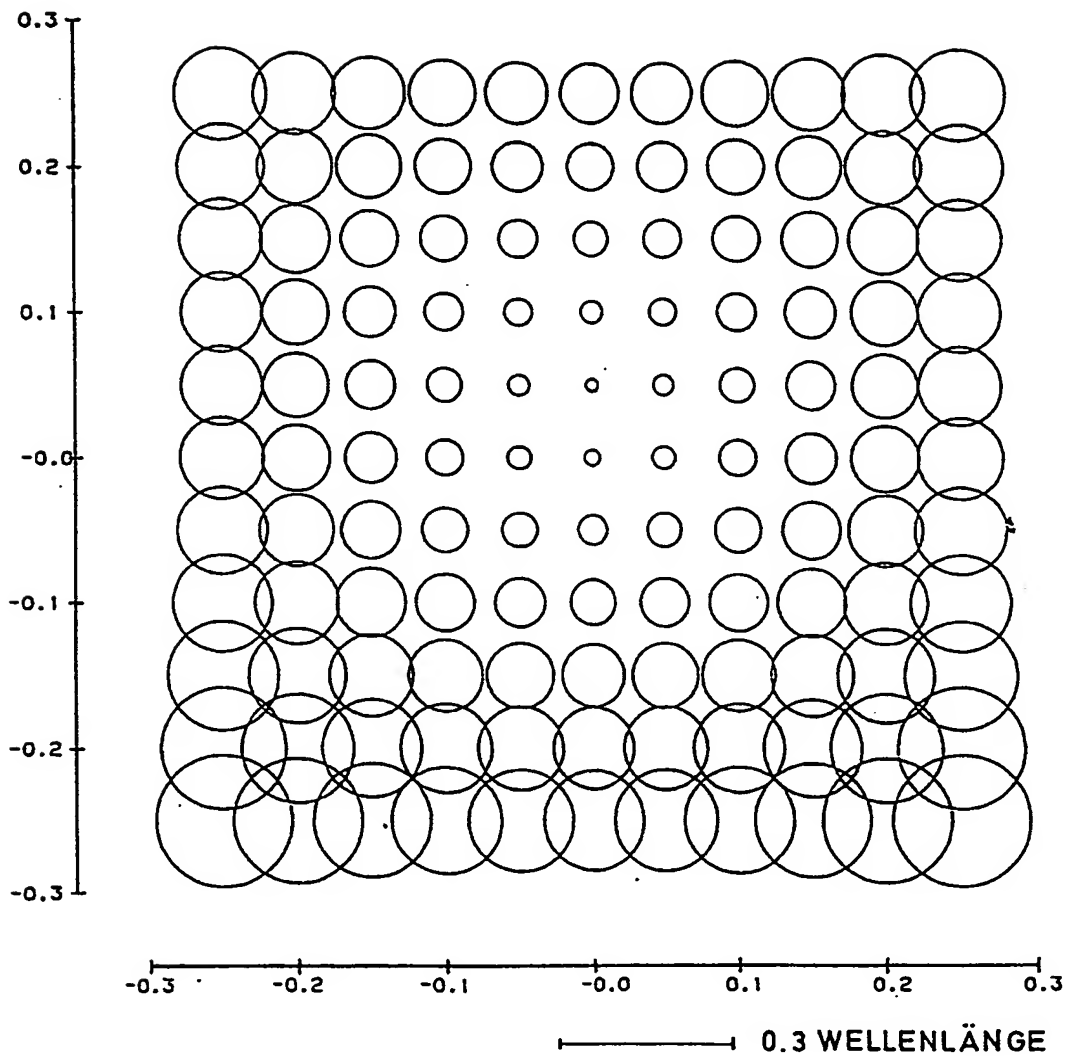


FIG. 6a

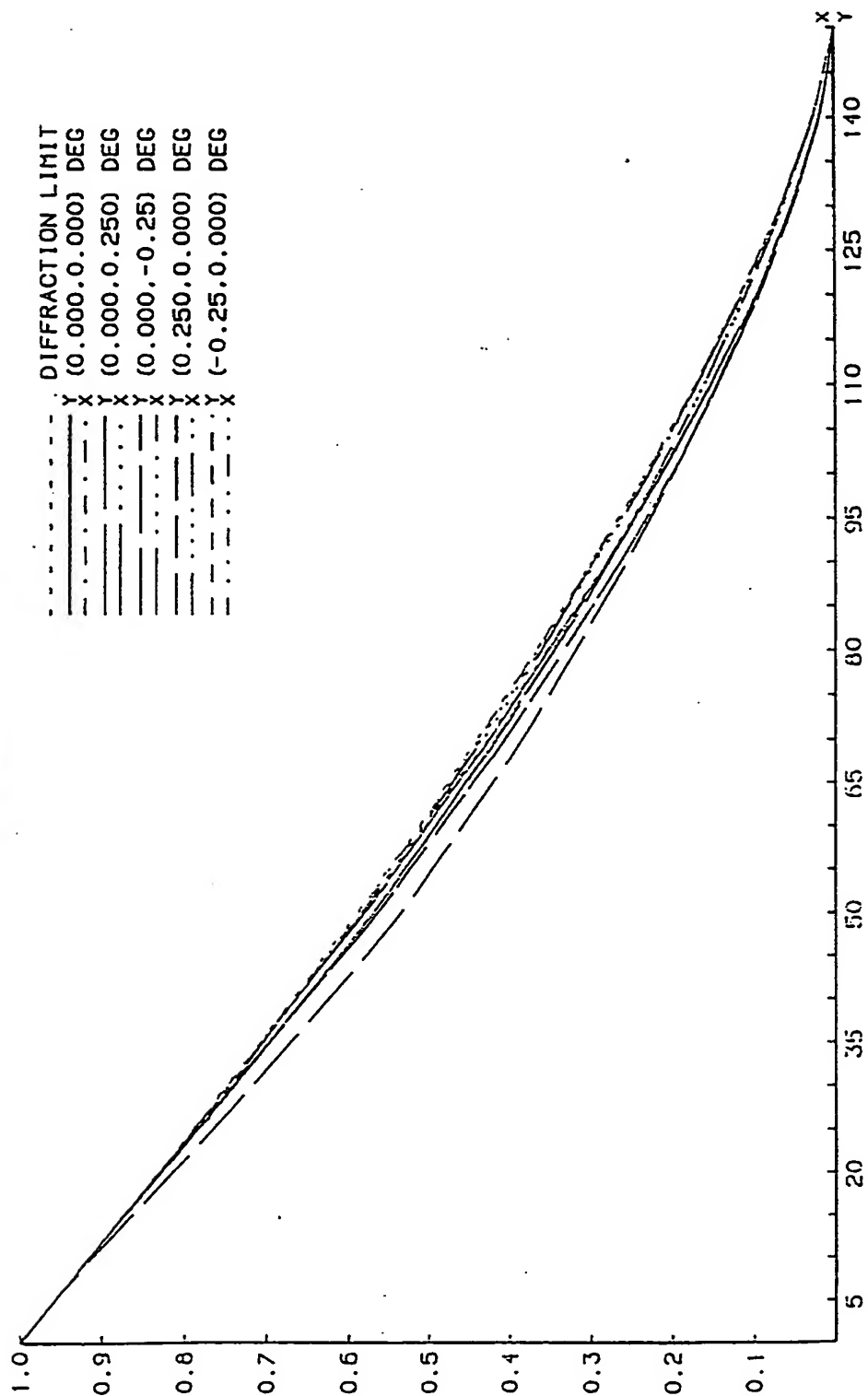


FIG. 6b

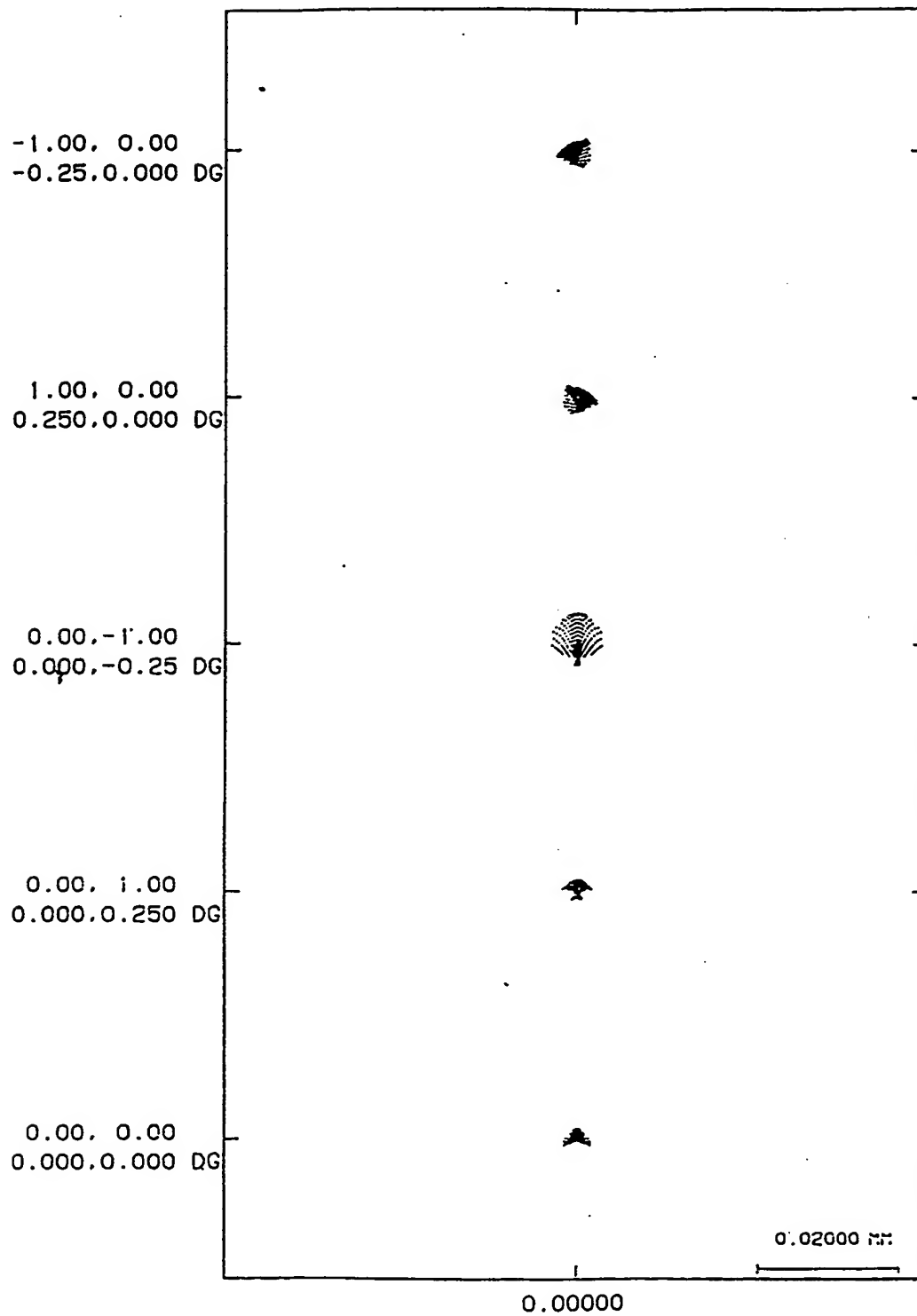


FIG. 6c...

